



Offre n°2024-07890

## Doctorant F/H Modélisation mathématique et numérique du système cardio-respiratoire

Type de contrat : CDD

Niveau de diplôme exigé : Bac + 5 ou équivalent

Fonction : Doctorant

### Contexte et atouts du poste

Dans le cadre d'une collaboration avec l'APHP et l'équipe Medisim de l'Inria Saclay, le projet cherche à répondre au besoin clinique d'une meilleure compréhension et d'un meilleur monitoring des fonctions cardio-respiratoires pour les patients et patientes placés sous ventilation mécanique. En se basant sur des modèles biophysiques, il vise à assurer un suivi plus personnalisé des malades et également à proposer des manoeuvres ventilatoires ou mesures peu invasives pouvant être effectuées au lit des malades permettant, par exemple, d'estimer l'état du poumon, le niveau de perfusion sanguine et aider à optimiser les réglages du ventilateur afin de minimiser les lésions des tissus pulmonaires tout en assurant une bonne oxygénation.

### Mission confiée

Nous nous proposons de développer une hiérarchie de modèles cardio-pulmonaires prenant en compte la ventilation et la perfusion afin d'aider à caractériser l'état du patient ou de la patiente, se basant sur les mesures disponibles ou des mesures réalisables aisément. Pour décrire le système cardio-pulmonaire, les systèmes cardio-vasculaire et pulmonaire seront couplés en prenant en compte l'effet du poumon sur le cœur droit et le transport des gaz par le sang. Les grandeurs macroscopiques d'intérêt peuvent être décrites, dans un premier temps, par un système d'ODE couplées.

On se basera sur des modèles du système cardiovasculaire développés dans [1] et des modèles pulmonaires permettant de décrire la ventilation et la diffusion des gaz respiratoires. Un modèle dynamique ventilation-diffusion a été réalisé [2]. Ce modèle, basé en partie sur des lois phénoménologiques, est capable de reproduire diverses situations pathologiques. Cependant, la prise en compte les équilibres physico-chimiques en jeu dans la captation de l'oxygène par l'hémoglobine et les équilibres acido-basiques dans le sang, cruciaux pour caractériser l'état du patient ou de la patiente, est nécessaire.

Par ailleurs, ces systèmes d'ODE couplés peuvent ne pas être assez riches pour décrire l'état d'un patient ou d'une patiente notamment car ils négligent à la fois les hétérogénéités spatiales (la parenchyme pulmonaire ou l'arbre bronchique ne sont pas affectés uniformément par une pathologie) et modélisent mal certains phénomènes physiques tel que les phénomènes de transport. Ainsi le développement de modèles monodimensionnels couplés de la ventilation-perfusion pulmonaire [4], [5] et de la circulation artérielle [3] ou tridimensionnels (dont des systèmes de type advection-diffusion en milieu poreux adaptées aux tissus biologiques) peut s'avérer nécessaire. Ils permettent également de donner les éléments de compréhension afin, en retour, d'enrichir les modèles réduits OD. Par exemple si on cherche à optimiser les scénarios de ventilation, la prise en compte du temps de transport dans l'arbre bronchique, qui induit un phénomène de retard, est cruciale. Ainsi des modèles de type advection-diffusion-réaction décrivant le transport de l'oxygène et du dioxyde de carbone dans l'arbre bronchique, les tissus, et le sang seront développés et simulés.

Les simulations pourront en particulier permettre de suggérer de nouvelles manoeuvres ventilatoires, mesures ou biomarqueurs permettant une meilleure classification de l'état pathologique, mais également de guider le réglage du ventilateur.

### Références

[1] L. Boudin, C. Grandmont, B. Grec, S. Martin, A coupled model for the dynamics of gas exchanges in the human lung with Haldane and Bohr's effects, *Journal of Theoretical Biology*, 573 (2023)

[2] M. Caruel, R. Chabiniok, P. Moireau, Y. Lecarpentier, D. Chapelle, Dimensional reductions of a cardiac model for effective validation and calibration. *Biomech Model Mechanobiol* (2014)

[3] J. Manganotti, F. Caforio, F. Kimmig et al. Coupling reduced-order blood flow and cardiac models through energy-consistent strategies: modeling and discretization. *Adv. Model. and Simul. in Eng. Sci.* 8, 21 (2021)

[4] S. Martin, B. Maury, Modeling of the oxygen transfer in the respiratory process, *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 47 (2013)

[5] F. Noël et B. Mauroy, Interplay between optimal ventilation and gas transport in a model of the

## Principales activités

Il s'agira de modéliser ces phénomènes, d'explorer s'ils permettent de capter et d'expliquer les phénomènes pathologiques observés, de calibrer et de valider ces modèles grâce aux données biologiques : gaz du sang ou les données d'entrée et de sortie du ventilateur (volume inspiré, pression appliquée, concentration en dioxyde de carbone expiré...), mesure de pression oesophagienne, pression sanguine, saturation en O2...

## Compétences

- Master in applied Math
- Programming skills in Python or C/C++, Freefem
- Good communication skills
- Open-mindedness, strong integration skills and team spirit

## Avantages

- Restauration subventionnée
- Transports publics remboursés partiellement
- Congés: 7 semaines de congés annuels + 10 jours de RTT (base temps plein) + possibilité d'autorisations d'absence exceptionnelle (ex : enfants malades, déménagement)
- Possibilité de télétravail et aménagement du temps de travail (après 12 mois d'ancienneté)
- Équipements professionnels à disposition (visioconférence, prêts de matériels informatiques, etc.)
- Prestations sociales, culturelles et sportives (Association de gestion des œuvres sociales d'Inria)
- Accès à la formation professionnelle
- Sécurité sociale

## Informations générales

- **Thème/Domaine** : Modélisation et commande pour le vivant
- **Ville** : Paris
- **Centre Inria** : [Centre Inria de Paris](#)
- **Date de prise de fonction souhaitée** :2024-09-02
- **Durée de contrat** :3 ans
- **Date limite pour postuler** :2024-09-25

## Contacts

- **Équipe Inria** : [COMMEDIA](#)
- **Directeur de thèse** :  
Grandmont Céline / [Celine.Grandmont@inria.fr](mailto:Celine.Grandmont@inria.fr)

## A propos d'Inria

Inria est l'institut national de recherche dédié aux sciences et technologies du numérique. Il emploie 2600 personnes. Ses 215 équipes-projets agiles, en général communes avec des partenaires académiques, impliquent plus de 3900 scientifiques pour relever les défis du numérique, souvent à l'interface d'autres disciplines. L'institut fait appel à de nombreux talents dans plus d'une quarantaine de métiers différents. 900 personnels d'appui à la recherche et à l'innovation contribuent à faire émerger et grandir des projets scientifiques ou entrepreneuriaux qui impactent le monde. Inria travaille avec de nombreuses entreprises et a accompagné la création de plus de 200 start-up. L'institut s'efforce ainsi de répondre aux enjeux de la transformation numérique de la science, de la société et de l'économie.

**Attention:** Les candidatures doivent être déposées en ligne sur le site Inria. Le traitement des candidatures adressées par d'autres canaux n'est pas garanti.

## Consignes pour postuler

### Sécurité défense :

Ce poste est susceptible d'être affecté dans une zone à régime restrictif (ZRR), telle que définie dans le décret n°2011-1425 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation (PPST). L'autorisation d'accès à une zone est délivrée par le chef d'établissement, après avis ministériel favorable, tel que défini dans l'arrêté du 03 juillet 2012, relatif à la PPST. Un avis ministériel défavorable pour un poste affecté dans une ZRR aurait pour conséquence l'annulation du recrutement.

### Politique de recrutement :

Dans le cadre de sa politique diversité, tous les postes Inria sont accessibles aux personnes en situation de handicap.